

Helsinki 8.12.2003

*SAQ*E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T

RECEIVED

28 JAN 2004

WIPO PCT

Hakija
ApplicantMetso Paper, Inc.
HelsinkiPatentihakemus nro
Patent application no

20021902

Tekemispäivä
Filing date

24.10.2002

Kansainvälinen luokka
International class

G01N

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä paperin kimmomoduulin määrittämiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Maksu 50
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

1

Menetelmä paperin kimmomoduulin määrittämiseksi

Tämän keksinnön kohteena on menetelmä paperin tai vastaavan rai-namaisen, rullalle rullattavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomo-dulin määrittämiseksi. Kyseisessä menetelmässä mitataan kerroksittain 5 pääallekkäin asetetun materiaalin voiman ja painuman välinen yhteyts.

Tunnettu menetelmä paperirullan radiaallisen kimmomodulin mittaami-10 seksi on laboratoriossa tehtävä mittaus, joka on esitetty esimerkiksi jul-kaisussa D. Roisum: The Mechanics of Winding, Tappi Press 1994, s. 62. Mittaus suoritetaan siten, että paperiarkkipinoa puristetaan kahden 15 tason välissä. Mittauksen tuloksesta saadaan käyrä, joka esittää puris-tusvoimaa pinon korkeuden funktiona. Jännitys saadaan jakamalla voima mittausalueella. Paperipinon venymä, joka tässä tapauksessa on itse asiassa kokoonpuristumista, saadaan jakamalla korkeuden muutos alkuperäisellä pinon korkeudella. Paperipinoa kuormitetaan sii-20 hen jännitykseen asti, joka on oleellisesti sama kuin maksimijännitys, jonka oletetaan vaikuttavan rullan sisällä. Paperipinon kuormitus suo-ritetaan useita kertoja peräkkäin. Radiaalinen kimmomoduli on jännitys-venymä –käyrän tangentin kulmakerroin.

Laboratoriomittauksen ongelmia ovat, että se toteutuu viiveellä, ts. rea-gointi tuotannon ongelmiin on hidasta. Paperipinon muoto ei täysin 25 vastaa tuotantokoneen rullan muotoa. Lisäksi joudutaan käyttämään paperipinoa, jolloin näytteen valmistelu mittausta varten on jossain määrin hankalaa. Paperipinoa on kuitenkin käytettävä tässä mittauk-sessa, koska yksittäisten arkkien mittaaminen on todella hankalaa ja voi johtaa virheellisiin tuloksiin.

30 Keksinnön mukaisella menetelmällä edellä mainittuja ongelmia voidaan polstaa tai vähentää. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnus-omaista, että radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperirullasta rullausasen-non ulkopuolella. Rullausasennolla tarkoitetaan asentoa, jossa rulla on, 35 kun sille rullataan jatkuvan rainan muodossa olevaa materiaalia.

2

Keksinnön mukaisen menetelmän etuja ovat, että voiman ja painuman mittaus voidaan suorittaa rullalta, jolloin mitattavan pinnan muoto on oikea. Mittauksella saadaan tietoa siitä, miten on rullattava, esimerkiksi mitä rainan kireyttä kulloinkin pitää käyttää, ts. mittauksen tuloksia voidaan soveltaa teoreettisiin rullausmalleihin. Koska mittaus tapahtuu valmiiltä rullalta, virheisiin rullauksessa voidaan reagoida nopeasti. Virheellisesti rullattu materiaali voidaan uudelleenrullata tai hylätä. Keksinnön mukaista menetelmää voidaan soveltaa usean tyypistien rullainten, kuten keskiörullainten tai kantotelarullainten rullausasennon jälkeen, kun rulla on siirretty erityiseen mittausasentoon. Menetelmää on mahdollista soveltaa vastaavalla tavalla myös jatkuvatoimisissa kilnirullaimissa.

Haluttaessa käyttää teoreettisia rullausmalleja rullausreseptien aikaansaamiseksi on tarpeellista tietää paperirullan konstitutiivinen käyttäytyminen eli paperirullan jännityksen ja venymän välinen yhteys. Elastista ortotrooppista tasomallia käytettäessä tämän yhteyden kuvaamiseen tarvitaan neljä suuretta, joista radiaalisuuntainen kimmomoduli riippuu paineesta rullan sisällä ja muut kolme suuretta oletetaan yleensä vaikioiksi. Radiaalisuuntaisen kimmomoduulin arvioimiseksi on nyt kehitetty menetelmä, joka selostetaan seuraavassa.

Keksinnön mukaista menetelmää käytettäessä paperin tai vastaavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperin tai vastaavan materiaalin rullausasennon ulkopuolella, eli rulla siirretään rullausasennosta erityiseen mittausasentoon. Mittauksessa paikoillaan olevaa (pyörimätöntä) paperirullaa tai vastaavaa kuormitetaan eri suuruisilla voimilla paperirullan säteen suunnassa ja voimia vastaavat painumat rekisteroidään. Painumalla tarkoitetaan tässä hakemuksesta rullalla kerroksittain olevan paperin tai vastaavan materiaalin kokoonpuristumista rullan säteen suunnassa silloin, kun rullaa kuormitetaan säteen suuntasella voimalla. Painuma voidaan mitata joko suoraan painoelman liikkeestä rullan säteissuunnassa tai epäsuorasti kosketusalan laajuudesta kuormituksessa (kosketusalan laajuus rullan kehän suunnassa korreloin painuman kanssa).

3

Mittaus suoritetaan paperirullan tai vastaavan ollessa mittausasemassa, jossa on elimet painuman aikaansaamiseksi ja rekisterölmiseksi ja elimet painumaa vastaavan voiman rekisteröimiseksi. Mittaus suoritetaan sen jälkeen, kun paperirulla on valmistunut, rulla on pysytetty, ja 5 se on siirretty tämän jälkeen mittausasemaan. Rullaa kuormitetaan tunnetulla voimalla ja samanaikaisesti mitataan rullan painumaa. Rullaan kuormittava elin mittausasemassa voi olla kääntöliikkeen tai lineaariilikkeen avulla rullan pintaa painava painoelin. Painuman mittaaminen voidaan suorittaa esimerkiksi mittaamalla tämä liike tai painumasta 10 riippuva, kuormittavan elimen suoran pinnan ja paperirullan pinnan välisen kosketusalan laajuus kuormitustilanteessa. Voima voidaan mitata painoelimeen sijoitetun anturin avulla tai kuormitusliikkeen vaatiman voiman perusteella. Mittaustulosten perusteella saadaan käyrä rullan säteen suuntaisesta painumasta rullaa kuormittavan voiman 15 funktiona.

Painumat määritetään eri voima-arkvoilla, joita on niin monta, että niiden avulla voidaan saada luotettavasti voima-painuma-käyrä. Käytännössä voidaan voimaa kasvattaa jatkuvasti ja mitata voimat ja vastaava painuma riittävän tihein välein tai jatkuvasti, kun painoelintä painetaan 20 jatkuvasti säteen suunnassa kohti rullan keskiakselia.

Teoreettiseen paperirullan kuormitusmalliin sijoitetaan rullattavan paperin tai vastaavan rainamaisen materiaalin tangentiaalinen kimmomoduli, joka on saatu mittaustuloksena joko laboratoriomittauksena tai 25 tuotantokoneella. Teoreettiseen kuormitusmalliin tarvitaan lisäksi alkavarauksina elastisia parametreja. Teoreettisen kuormitusmallin perusteella saadaan toinen käyrä rullan säteen suuntaisesta painumasta rullaa kuormittavan voiman funktiona.

30 Paperirullan teoreettinen kuormitusmalli voi olla esimerkiksi FEM-laskentaa (finite element model) apuna käytävä malli. FEM-laskenta on sinänsä tunnettua ja sen vuoksi sitä ei tarkemmin selitetä. Yleisesti voidaan sanoa, että FEM-laskentaa käytetään silloin, kun eksaktien matemaattisten kaavojen käyttö esimerkiksi niiden monimutkaisuuden 35 vuoksi on vaikeaa.

4

Mittaustulosten perusteella saatua käyrää ja teoreettisen kuormitusmallin perusteella saatua käyrää verrataan toisiinsa. Mikäli ne ovat samat, alkuarvaus elastisista parametreista on oikea. Mikäli käyrät eivät vastaa toisiansa, elastisille parametreille annetaan uudet arvot ja tätä jatketaan niin kauan, että teoreettisen kuormitusmallin avulla saatu käyrä vastaa mittaustuloksia. Radiaalinen kimmomoduli tulee täysin tunnetuksi em. elastisista parameterista, jotka aluksi on otettu laskentaan arvauksina. Saadun tuloksen perusteella voidaan radiaalisuuntainen kimmomoduli arvioida. Arvioinnissa voidaan käyttää esimerkiksi pienimmän neliösumman sovitusta, jossa haetaan minimi laskettujen ja mitattujen arvojen erotuksen neliölle.

Seuraavassa keksintöä selostetaan kuvien avulla, joissa

- 15 kuva 1 esittää keksinnön mukaista menetelmää lohkokaaviona,
kuvat 2 ja 3 esittävät eräitä mittausasemia, joissa keksinnön mukainen menetelmä voidaan suorittaa, rullan sivukuvantoina,
ja
20 kuva 4 esittää erästä menetelmän edullista suoritusmuotoa rullan etukuvantona.

25 Kuvassa 1 on esitetty keksinnön mukaisen paperin radiaalisen kimmomodulin mittausmenetelmä lohkokaaviona. Radiaalisen kimmomodulin laskemiseksi tarvitaan alkuarvaus elastisista parametreista ja paperista mitattu tangentiaalinen kimmomoduli.

30 Radiaalisuuntainen kimmomoduli voidaan esittää kaavalla $E_r = E_r(\sigma_r)$ eli E_r riippuu radiaalijännityksestä σ_r . Tämä riippuvuus voidaan kuvata 1.–3. asteen polynomilla. Elastiset parametrit, jotka tarvitaan alkuarvauksina, voivat olla esimerkiksi tämän polynomien kertoimia.

35 Tangentiaalinen kimmomoduli voi olla mitattu laboratoriomittauksena tai se voi olla mitattu tuotantokoneella. Kun alkuarvauksena annetut elastiset parametrit sijoitetaan teoreettiseen rullausmalliin ja FEM-laskennan avulla saadaan käyrä rullan painumasta nippikuorman funktio-

5

na, saatua käyrää verrataan tuotantokoneelta mittaustuloksesta saatuun, rullan painumaa nippikuorman funktiona esittävään käyrään. Mikäli käyrät ovat samat, alkuvaraus on oikea. Mikäli ne eivät ole samoja, annetaan elastisille parametreille uudet arvot ja käyrien vertailua jatketaan.

5

Kuvassa 2 on esitetty pituusleikkurin jälkeen suoritettava mittaus. Mittaus suoritetaan mittausasemassa, esimerkiksi WinBelt® -rullaimen tai WinRoll® -rullaimen jälkeen. Mittausasema voi olla paikassa, johon rullat siirretään seuraavaksi rullalimelta, esimerkiksi rullausasentoa seuraavan tukialustan kohdalle, johon rulla vieritetään kantotelan päältä ja pysytetään.

Kuvassa 2 on esitetty ensimmäinen keksinnön mukaisen menetelmän periaate, jossa hylsyn ympärille pituusleikkurissa rullattua asiakasrullaa R painetaan ylhäältä pään painoelimeellä 1, joka on sijoitettu kääntyvän varren 2 päähän. Varsi on järjestetty kääntyväksi pystyasossa ja kiinnitetty sopivan runkorakenteeseen. Vartta 2 painetaan alas ja samalla painoelintä 1 rullaan R voimalaitteella F, joka on järjestetty rungon ja varren 2 välille. Kuormitusvarren 2 kulma-asento (kulma θ) mitataan kulma-anturilla 4. Kuimasta ja voimalaitteella 3 aiheutetusta voimasta voidaan määritää painoelimen 1 painuma painoelimen 1 aiheuttaman radiaalisuuntalsen voiman funktiona.

25 Voimalaite 3 voi olla esimerkiksi hydraulisyntteri, jonka aiheuttama voima on mitattavissa ja sen perusteella voidaan laskea painoelimen 1 aiheuttama voima.

15
20
25

Painoelin 1 voi olla suhteellisen pieni, mutta edellytys sen toimimiselle on, että se ei muuta muotoaan kuormituksessa. Painoelin 1 voi olla esim. terästä tai muuta sopivan kovaa materiaalia. Painoelimen alapinta on tasomainen tason asettuessa suunnilleen tangentiaalisesti rullan kehäpintaan nähdyn.

30 35 Jotta varsinainen kuormitusvoima voitaisiin mitata tarkasti, voidaan painoelimen 1 alapinnalla käyttää sopivaa voima-anturia 5. Tämä voima-anturi mittaa suoraan voimaelimen 1 pinnan ja rullan R kehäpin-

6

nan välisessä nipissä vaikuttavan nippivoiman. Voidaan käyttää esimerkiksi jotain paineherkkää kalvoanturia, joka kykenee antamaan voimaan verrannollisen mittaussignaalin. Yksi esimerkki on pietosresistiivinen mittausfilmi tai vastaava kalvoanturi. Käytämällä laajapintaista kalvoanturia tai useampia antureita eri kohdilla painoelintä 1 voidaan mitata myös nipin muoto eli kontaktileveys, millä saadaan lisää tietoa. Kontaktileveys, eli kontaktialueen laajuus rullan kehän suunnassa kertoo myös painuman, jolloin sopivalla painoelimen anturoinnilla voidaan mitata sekä voima että painuma.

10

Kuvassa 3 on esitetty toinen menetelmä, jossa on myös painoelin 1 sijoitettuna varren 2 pähän. Tolminta on analoginen kuvan 2 kanssa sillä erotuksella, että voimalaitteella 3 aiheutetaan lineaariliike, koska painoelin 1 ja varsi 2 on järjestetty lineaarisesti siirtyväksi johteeseen. Myös tässä tapauksessa voima voidaan määrittää voimalaitteen 3 käyttämän voiman tai painoelimeen 1 sijoitetun voima-anturin 5 avulla. Painumaan verrannollisen liikkeen mittaumiseen voidaan tässä vaihtoehdossa käyttää riittävän tarkkaa lineaariliikettä mittavaaa anturia 4. Myös tässä vaihtoehdossa painuma voidaan määrittää painoelimen anturin avulla, jos sillä voidaan tunnistaa kontaktialueen laajuus.

15

20

Sekä kuvan 2 että kuvan 3 mittausasemassa rulla R on siirretty pois rullausasennosta. Mittausasemassa on tukialusta 6, jolla rulla sijaitsee riittävän hyvin alta tuettuna ja sen vieriminen on estetty. Tukialusta 6 voi sijaita esim. lattiatasossa. Etuna mittauksen suorittamisesta rullailmen ulkopuolella on se, että se voidaan suorittaa rullaustapahtumaa häiritsemättä. Kun mittaus suoritetaan asemassa, johon rullat normaalista poistetaan, kun ne on rullattu täyteen, ei myöskään häiritä rullailmen muutonvaihtosekvenssiä. Koska mitattaessa rulla R mittausasemassa voidaan samanaikaisesti rullata uutta rulla rullaimessa, rullalusta ei häiritä ja mittauksia voidaan suorittaa perlaatteessa silhen asti, kunnes rulla täytyy siirtää pois rullausprosessista tulevan seuraavan rullan tieltä, jota tullaan mittaamaan seuraavaksi samassa mittausasemassa.

25

30

35

Kuvassa 4 on esitetty vielä eräs edullinen suoritusmuoto. Painoelin 1 on järjestetty siirtyväksi poikkisuunnassa, t.s. rullan aksiaalisuunnassa

- (hylsyn pituussuunnassa), jolloin voidaan suorittaa voima-painumakäyrän määritys eri kohdilla rullaan. Eri kohdilta määritettyjä käyriä voidaan käyttää rullan radiaalimoduulin poikkiprofiilin mittaukseen. Käytännössä kuvan 4 mittausasema on toteutettu niin, että painoelin 1 on 5 järjestetty siirtyväksi poikkisuuntaiseen johteeseen 7, johon painoelintä 1 kannattava varsi 2 voidaan ripustaa kiinnittämällä se esimerkiksi joteen pituussuunnassa edestakaisin liikkuvaksi järjestettyyn kelkkaan 8 tai vastaavaan.
- 10 Kuvan 4 järjestelyä voldaan käyttää myös useamman rinnakkaisen rullan mittamiseen, mikä tilanne esiintyy kun useampi samasta raiasta pituusleikkauksen jälkeen rullattu rulla otetaan ulos rullaimesta. Painoelin 1 siirretään vuorollaan kunkin rullan päälle. Kustakin rullasta voidaan mitata yksi piste tai useita profiiliin määrittämiseksi.
- 15 15 Edellä esitetty sovellusesimerkit eivät ole keksintöä rajoittavia. Keksinnön mukaista menetelmää voidaan soveltaa myös jatkuvatoimisille kiinnirullaimille, jotka on järjestetty rullaamaan tuotantolevyistä paperirainaa peräkkäisille konerullille. Tällainen mittaus voidaan suorittaa 20 esimerkiksi konerullan ollessa rullauskiskoilla rullausasennon ulkopuolella, tai konerullan ollessa aukirullaimella, ennen kuin sitä aletaan purkaa. Myös profiiliin määritys on mahdollista konerullalle. Pääasia tässä keksinnössä on, että paperin tai vastaavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset voidaan suorittaa suoraan rullasta rullausta häiritsemättä, ja näin ylimääräistä työtä aiheuttava laboratoriomittausvaihe voidaan jättää 25 pois.

L 2

Patenttivaatimuksit:

1. Menetelmä paperin tai vastaavan rainamaisen, rullalle rullattavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomodulin määrittämiseksi, jossa menetelmässä mitataan kerroksittain asetetun materiaalin voiman ja painuman välinen yhteys, tunnettu siitä, että radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperin tai vastaavan materiaalin rullasta (R) rullausasennon ulkopuolella.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että paperista tai vastaavasta materiaalista rullattua rullaa (R) kuormitetaan tietyllä voimalla rullan (R) säteen suunnassa ja kuormitusta vastaava rullan painuma rullan säteen suunnassa mitataan ja rekisteroidään.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mittaustuloksista saadaan käyrä, joka on rullan painuma nippikuorman funktiona.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mittaustuloksista saatua käyrää verrataan teoreettisesti laskettuun käyrään rullan painumasta nippikuorman funktiona.
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että teoreettisesti lasketun käyrän rullan painumasta nippikuorman funktiona vastatessa mittaustuloksista saatua käyrää, voidaan radiaalinen kimmomoduli arvioida.
6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 2–5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rullaa kuormitetaan rullan (R) säteen suunnassa liikkuvan painoelimen (1) tasomaisella pinnalla.
7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 2–6 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että voima mitataan rullaa kuormittavaan ja siihen kontaktissa olevaan painoelimeen (1) sijoitetulla voima-anturilla (5).

9

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että voima-anturilla (5) määritetään myös kuormitetun alueen laajuus rullassa (R).
- 5 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kuormitetun alueen laajuden perusteella määritetään rullan (R) painuma säteissuunnassa.
- 10 10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että paperin tai vastaavan rullattavan materiaalin radiaalisen kimmomoduulin profiili määritetään suorittamalla voiman ja painuman mittaukset eri kohdilla rullan (R) aksialisuunnassa.

L3

10

(57) Tiivistelmä:

Keksinnön kohteena on menetelmä paperin tai vastaanvan rainamaisen, rullalle rullattavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomoduulin määrittämiseksi. Menetelmässä mitataan kerroksittain asetetun materiaalin voiman ja painuman välinen yhteyts. Radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperin tai vastaavan materiaalin rullasta (R) rullausasennon ulkopuolella kuormittamalla rullaa painoelimellä (1).

Fig. 2

L4

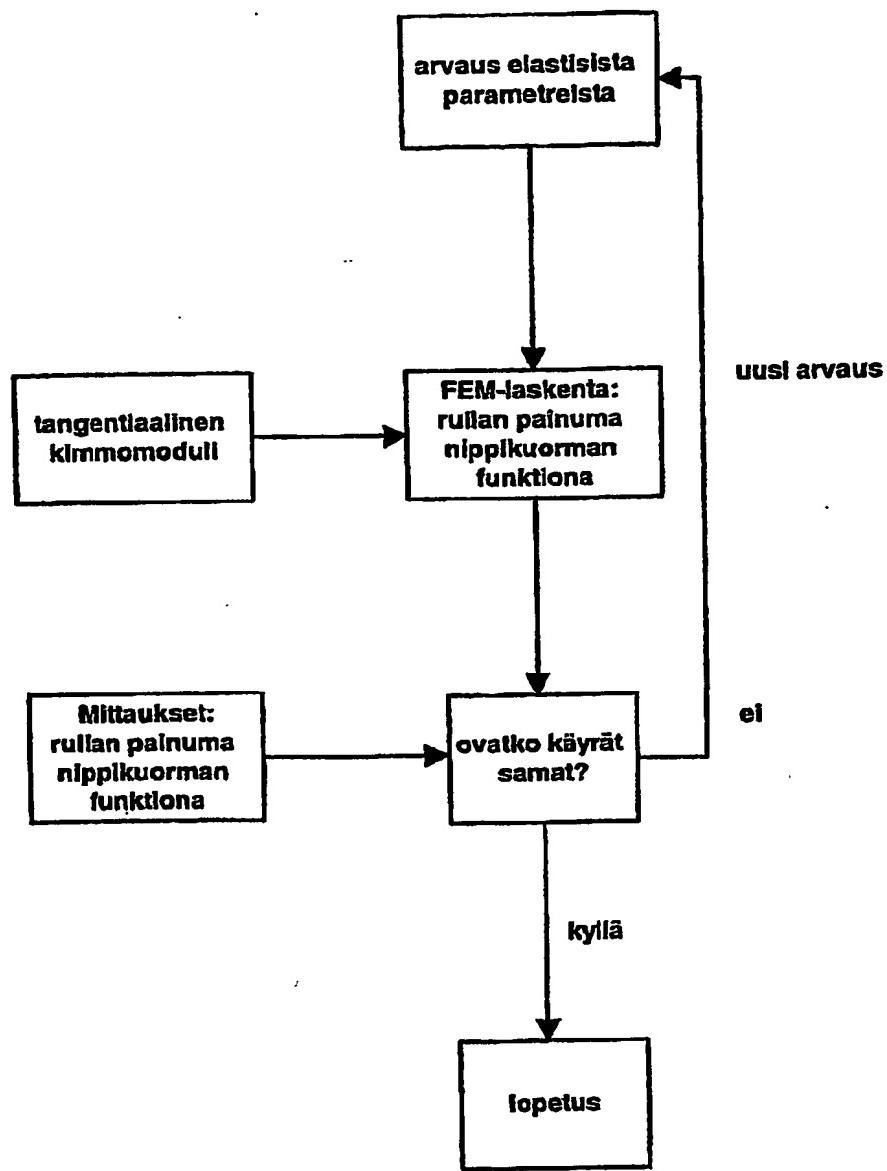


Fig.1.

4

2

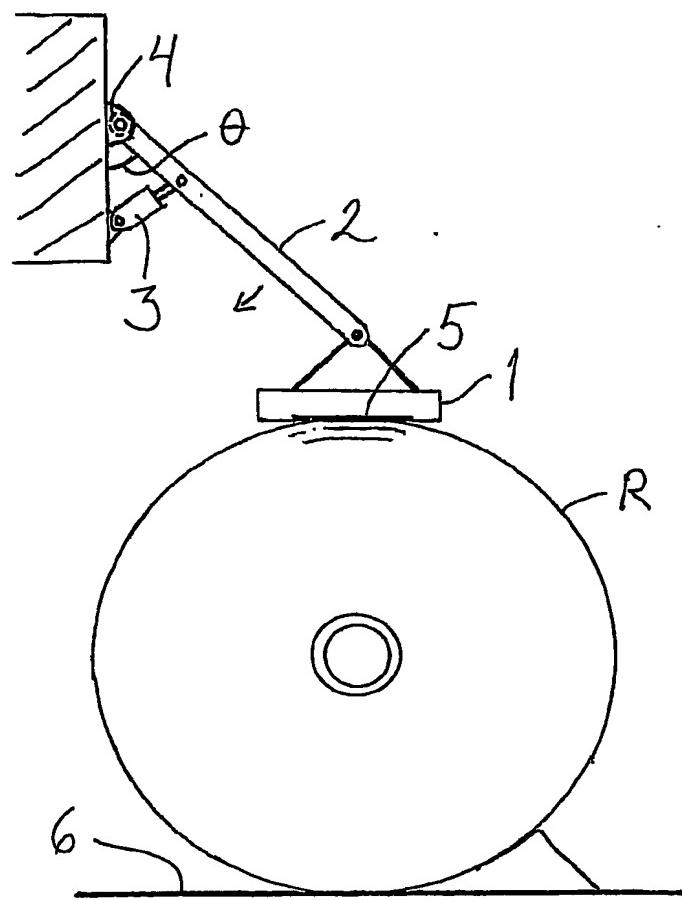


Fig. 2

C 4

J

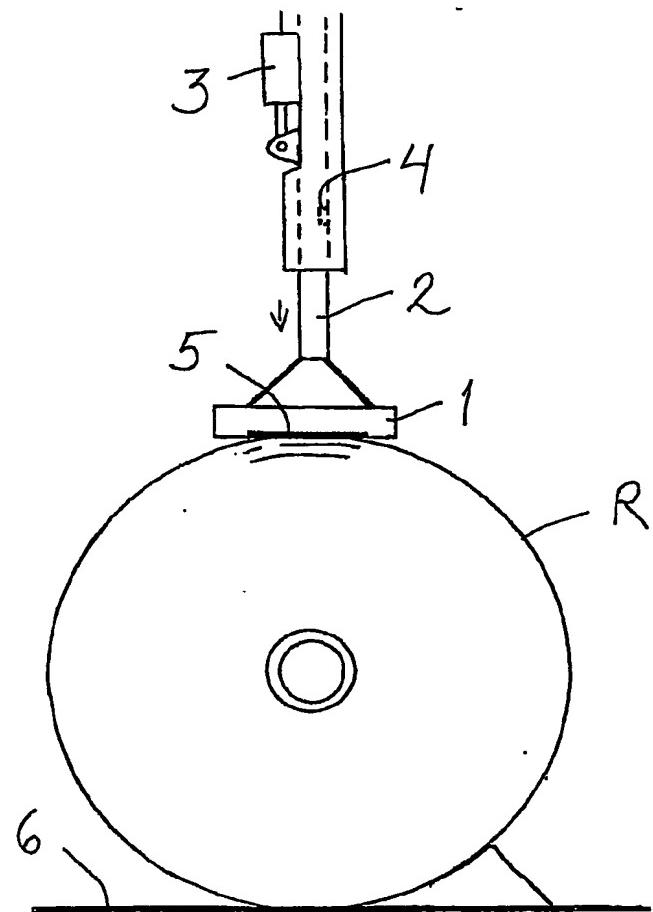


Fig. 3

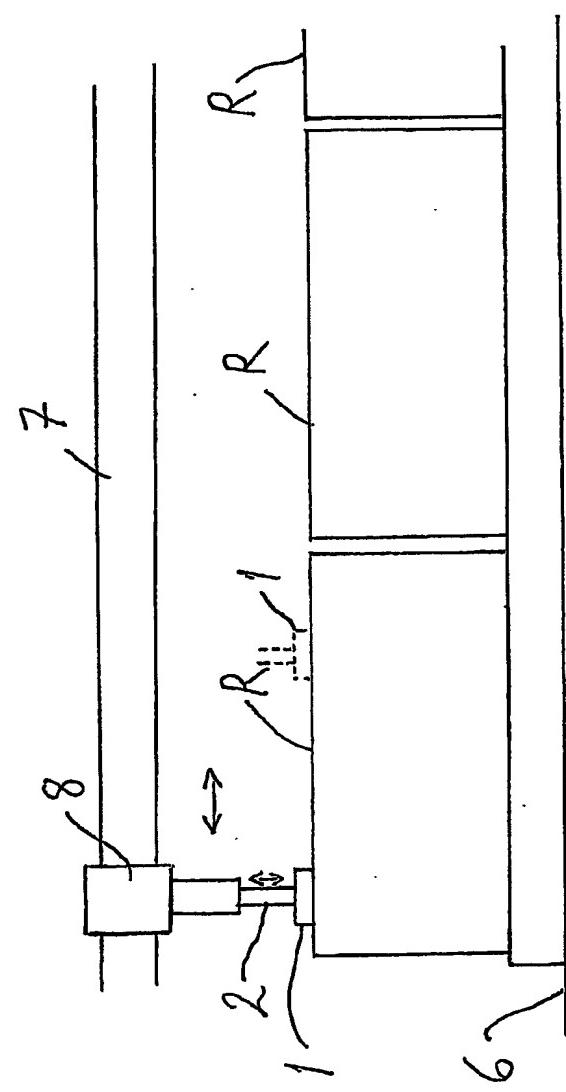


Fig. 4